

Procédé de visualisation des échos reçus par un sonar actif utilisant une émission à spectre de raies.

L'invention décrite et revendiquée dans le présent document a pour objet un 5 procédé permettant de visualiser sur une seule image les informations utiles obtenues par la mise en œuvre d'un sonar actif à émission à spectre de raies. Ce procédé permet à un opérateur de visualiser simultanément les échos pouvant représenter un danger et de ce fait nécessitant une surveillance, ainsi que la réverbération et en particulier celle due aux 10 réflexions sur le fond qui est souvent la plus gênante. Ce procédé est en particulier destiné aux systèmes sonars exploitant l'effet doppler pour caractériser les échos reçus.

Les sonars actifs émettent des signaux qui, dans la réalité, ont une durée T 15 limitée et occupent une bande de fréquence B elle aussi limitée. De ces caractéristiques de bande et de durée, peuvent être mises à profit pour obtenir un gain de traitement en amplitude, fonction du produit $B \cdot T$, et une aptitude à séparer les signaux reçus dans le domaine temporel, avec une résolution fonction de $1/B$ et dans le domaine fréquentiel avec une résolution 20 fonction de $1/T$. Plus précisément pour chaque sonar on peut définir une fonction d'ambiguïté qui représente son aptitude à distinguer des échos en provenance de sources plus ou moins proches (la distance se traduisant par un retard de propagation) et allant plus ou moins vite (la vitesse se traduisant du fait de l'effet doppler par une modification du spectre de fréquence)

25 Les signaux large bande présentent l'intérêt de permettre une détection, une estimation de la distance et un pouvoir séparateur en distance d'autant meilleurs que la bande est large. Parmi ces signaux à large bande passante, les signaux modulés hyperboliquement en fréquence présentent l'avantage 30 d'être insensibles à une altération doppler : en d'autres termes même affecté par l'effet doppler, le signal réfléchi est à l'image du signal émis et une cible sera détectée par le même détecteur quelle que soit sa vitesse, le gain de traitement étant inchangé. Cependant cette insensibilité s'accompagne d'une incertitude "doppler-retard" qui a pour conséquence que, sans information 35 sur la distance, on ne sait pas précisément estimer la vitesse et inversement.

Les signaux à spectre de raies présentent au contraire l'avantage de bien séparer les échos en fonction de la vitesse relative du sonar et des cibles, l'effet doppler se traduisant par un décalage ou "glissement" de la fréquence

5 du signal reçu par rapport à la fréquence émise. Cette propriété est particulièrement exploitée pour lutter contre le bruit de réverbération. La réverbération résulte de la réflexion du signal sur de multiples hétérogénéités en suspension ou sur le fond ou encore sur la surface. Ces réflecteurs étant fixes les signaux correspondants reçus dans une voie du sonar sont affectés

10 d'un doppler qui ne dépend que de la vitesse du porteur et de la direction pointée par la voie de réception du sonar. Pour une cible mobile il en est de même mais l'effet doppler est augmenté du fait de la vitesse propre de la cible par rapport au porteur.

Par simple filtrage on peut ainsi différentier un écho de la réverbération et

15 estimer la vitesse relative de la cible ayant renvoyé cet écho pour peu que la résolution en fréquence du sonar soit suffisante.

Les sonars actuels fonctionnent généralement suivant l'un ou l'autre de ces modes en émettant soit des signaux à large bande, soit des signaux à

20 spectre de raies. Ainsi la demande FR 03 04042 déposée le 01/04/2003 par la demanderesse, décrit un sonar qui utilise simultanément les propriétés des signaux modulés en fréquence et des signaux à forte résolution en doppler tels que les signaux BPSK.

Les sonars à émissions à spectre de raies permettent d'appliquer facilement

25 un traitement doppler aux signaux reçus et d'effectuer la classification des échos reçus, non seulement par l'intensité des signaux reçus correspondants, mais aussi par leurs fréquences doppler. Par rapport au porteur du sonar, un écho est alors caractérisé par trois paramètres, sa distance par rapport au porteur, le gisement dans lequel il se trouve et sa

30 vitesse de déplacement. Le gisement peut être défini comme l'angle que fait la direction reliant le sonar à l'objet dont l'écho est reçu avec le cap du navire porteur.

Le paramètre de vitesse est en particulier important pour déterminer si l'objet détecté est susceptible de représenter une quelconque menace pour le

35 porteur du sonar. Il permet également de manière avantageuse une

- amélioration du contraste. En effet l'écho réfléchi par une cible mobile de petite taille située dans une zone de forte réverbération panoramique du fond marin, est invisible avec une émission à large spectre car de niveau trop faible par rapport au niveau atteint par le signal de réverbération qui couvre uniformément l'ensemble de la bande. En revanche, il peut être facilement séparé du fouillis ambiant constitué par la réverbération panoramique, grâce au déplacement en fréquence dû au doppler qui résulte de la vitesse de la cible. Il peut ainsi être détecté et isolé.
- Cependant l'utilisation du paramètre doppler pose à l'opérateur, un problème de visualisation des informations reçues. En effet en l'absence d'analyse doppler, chaque écho peut être figuré sur un plan, comme un point, ou une petite surface, ayant deux coordonnées: son gisement et sa distance. On peut donc, à partir d'un écran de visualisation classique, représenter les échos reçus. Cette représentation peut par exemple prendre la forme de spots lumineux dont la position et la taille reflètent la position et la taille des objets ayant renvoyé un écho. Le niveau de l'écho reçu étant par exemple rendu par l'intensité du spot lumineux, il est simple de prévoir d'acquérir les paramètres d'une cible par simple pointage de l'écho correspondant.
- En revanche si on effectue une caractérisation doppler des échos, chaque écho est alors identifié par trois coordonnées: son gisement, sa distance et sa fréquence doppler. Une représentation simple dans un plan n'est alors plus possible.
- Une première solution consiste alors à représenter les échos détectés dans un espace à trois dimensions. Pour cela il est par exemple possible d'utiliser une représentation en perspective, réalisée suivant trois axes, un axe distance, un axe gisement et un axe doppler. Une telle représentation est illustrée par la figure 2. Cependant, bien que présentant l'avantage de permettre une représentation simultanée de tous les échos reçus, la représentation en perspective présente de sérieux inconvénients. Tout d'abord elle nécessite l'utilisation d'écrans spéciaux plus complexes et plus onéreux que de simples écrans de visualisation classiques. Ensuite, Une telle représentation rend plus complexe les opérations effectuées par les opérateurs chargés du sonar, telle que la désignation, au moyen d'un curseur par exemple, d'un écho affiché à l'écran. Enfin, dans le cas où un

grand nombre d'échos sont reçus, la représentation en perspective perd sa lisibilité.

- Une deuxième solution, connue de l'art antérieur et couramment utilisée, consiste à exploiter simultanément deux images planes simultanées.
- 5 Une première image, telle que celles des figures 3 et 4, réalise l'affichage des échos reçus ayant une même fréquence doppler, dans un plan gisement-distance classique. La fréquence doppler souhaitée est sélectionnée par l'opérateur. Une telle image permet de visualiser simultanément tous les échos ayant une même fréquence doppler. En revanche les échos 10 présentant une autre fréquence doppler ne sont pas représentés. L'analyse visuelle des échos se fait donc par explorations successives des différentes images disponibles.

- La représentation dans le plan gisement-distance est complétée par une deuxième image dans un plan gisement-doppler, telle que celle de la figure 15 5. Cette deuxième image permet de visualiser l'ensemble des échos situés à une distance donnée, quelle que soit leur fréquence doppler dans la plage doppler couverte par le sonar. Cette distance est par ailleurs sélectionnée par l'opérateur.

- Cette deuxième solution qui consiste en une visualisation par pages, 20 présente l'avantage d'être compatible des écrans de visualisation couramment utilisés. En revanche du fait qu'elle nécessite d'explorer successivement un grand nombre d'images dans deux plans différents, elle est d'une mise en œuvre longue et fastidieuse pour l'opérateur, même si le passage de la représentation dans un plan à la représentation dans l'autre 25 plan est généralement facilité par la mise en œuvre d'outils informatiques. Elle est cause d'un certain nombre d'erreurs d'interprétation notamment en ce qui concerne la détection d'objet de relativement petite taille se déplaçant dans des zones à forte réverbération. D'autre part une telle représentation ne permet pas une visualisation globale de la réverbération panoramique des 30 fonds marins, les échos matérialisant cette réverbération se trouvant répartis sur toutes les images, en fonction de leur fréquence doppler. Pour pouvoir bien analyser chaque image, l'opérateur doit alors effectuer une recomposition mentale de la réverbération panoramique.

- Pour pallier ces difficultés le procédé selon l'invention propose une autre façon d'exploiter l'information doppler. Le procédé selon l'invention effectue, à partir d'une émission à spectre de raies, la recomposition d'une image plane synthétique présentée dans un plan gisement-distance. Cette 5 image synthétique représente de manière différentiée les échos détectés et fait figurer sous forme de zones d'étendues variables les signaux acoustiques provenant des différentes formes de réverbération, notamment celle du fond.
- A cet effet le procédé selon l'invention comporte plusieurs étapes. Une 10 première étape de traitement doppler du signal sonar reçu, qui permet de classer les échos reçus en fonction de leur fréquence doppler. Les échos sont en particulier classés en deux catégories: les échos fixes et les échos mobiles.
- Une deuxième étape consiste à synthétiser une image plane présentant 15 l'ensemble des échos reçus, quelle que soit leur fréquence doppler, dans un seul plan gisement-distance, et à matérialiser chaque écho détecté par un symbole indiquant notamment s'il est fixe ou mobile.
- Une dernière étape consiste enfin à superposer à la représentation des échos un signal reconstituant la réverbération panoramique du fond marin.

20 Le procédé selon l'invention présente l'avantage de conduire à une représentation panoramique plane, claire et facilement exploitable par un opérateur car semblable à celle utilisée pour l'exploitation de systèmes sonar émettant des ondes à spectre large. L'image obtenue présente en une seule 25 fois à l'opérateur la totalité des informations utiles. Le procédé selon l'invention exploite avantageusement l'effet doppler afin d'obtenir une image ayant un contraste sensiblement amélioré qui permet en particulier à l'opérateur de visualiser des échos provenant d'objets de petite taille. Il présente également l'avantage d'offrir la possibilité d'un affichage différentié 30 des échos fixes et mobiles. Le procédé selon l'invention présente encore l'avantage de restituer à l'opérateur une image de la réverbération du fond marin, réverbération qui constitue une aide pour l'exploitation de l'image sonar.

D'autres caractéristiques et avantages apparaîtront au fil de la description faite en regard des figures qui représentent :

- la figure 1, l'illustration schématique des éléments représenté sur 5 une image sonar, obtenu à partir d'un sonar classique émettant une onde à spectre large;
- la figure 2, un exemple de représentation en trois dimensions d'échos sonars caractérisés par leur distance, leur gisement, et leur fréquence doppler;
- 10 la figure 3, La représentation schématique d'une image plane correspondant à l'affichage ,dans un plan gisement-distance p_1 mentionné sur la figure 2, des échos reçus ayant une même fréquence doppler;
- la figure 4, La représentation schématique d'une image plane correspondant à l'affichage ,dans un plan gisement-distance p_2 mentionné 15 sur la figure 2, des échos reçus ayant une même fréquence doppler;
- la figure 5, La représentation schématique illustrant d'une image plane correspondant à l'affichage ,dans un plan gisement-doppler, des échos reçus et situés à une même distance D mentionnée sur la figure 2;
- la figure 6, une illustration présentant une partition du plan 20 gisement-doppler en différentes zones, partition exploitée par le procédé selon l'invention;
- la figure 7, un organigramme simplifié du procédé selon l'invention;
- la figure 8, une illustration de l'image obtenue par les procédé 25 selon l'invention.
- La figure 1 présente de manière volontairement simplifiée une image sonar telle que celle obtenue au moyen d'un sonar actif émettant un signal à modulation de fréquence hyperbolique ou "Hyperbolic Frequency Modulation" (HFM)..... selon la dénomination anglo-saxonne. L'image 30 se présente de manière schématique comme un ensemble d'aires 11 de tailles variables sur lesquelles sont superposés des symboles géométriques 12. Sur une image réelle ces aires 11 correspondent à des zones ayant un niveau de bruit ou de réverbération situé dans une plage donnée. Elles sont généralement représentées comme des éléments colorés, de taille et de 35 couleur variables, la couleur variant par exemple en

fonction de l'intensité de l'écho reçu. Sur une telle image, les aires les plus étendues représentent généralement la réverbération de l'onde sonar sur le fond marin.

- Le retard et l'intensité du signal reçu dépendent en particulier de la distance à laquelle se situe l'objet qui renvoie cet écho. Ainsi de manière générale on peut grossièrement distinguer, comme illustré sur la figure, des zones successives 13, 14 et 15, pour lesquelles l'intensité du signal reçu va globalement en décroissant. Un même relief sous-marin s'étendant sur une certaine distance, se trouve donc représentée par une succession d'aires 12 contiguës de couleur ou de contraste différents. Le contour global 16 de l'ensemble de ces taches figure le contour général du relief considéré. Pour des raisons de simplification, les différentes aires et zones sont représentées sur la figure 1 par des formes géométriques. Dans la réalité, elles peuvent avoir un contour à la fois moins régulier et moins précis.
- Les symboles 12 quant à eux servent principalement à marquer les emplacements où ont été détectés des échos nécessitant l'attention de l'opérateur. La détection de ces échos peut par exemple être réalisée en fonction d'un dépassement de seuil d'amplitude par le signal reçu. Dans le cas d'une image obtenue par mise en œuvre d'un sonar non-doppler, les échos détectés sont généralement représentés par des symboles de forme identique, par exemple, sous forme de cercles, dont les tailles sont fonction de l'intensité des échos détectés.

En ce qui concerne les sonars émettant des signaux à large bande de type HFM, la visualisation des échos reçus ne présente donc pas, a priori, de difficulté particulière. Chaque écho, caractérisé par sa position et son intensité, peut être représenté sans perte d'information sur une image plane. En revanche, l'exploitation de ce type de sonar souffre de la limitation apportée par l'absence de caractérisation de la vitesse des échos détectés et par une incertitude sur leur distance exacte, dans la mesure où la vitesse de la cible est inconnue. La représentation ne fait donc pas apparaître le caractère fixe ou mobile de l'écho considéré.

Ainsi comme l'illustre la figure 1, deux échos ayant des vitesses différentes seront représentés de manière identique sur un écran de visualisation. Cette similitude de représentation contraint l'opérateur en présence d'un grand

nombre d'échos, à une vigilance accrue destinée à distinguer les échos fixes des échos mobiles, au travers des rafraîchissements successifs de l'image.

La figure 2 illustre la difficulté que revêt la représentation dans un plan des informations relatives aux échos détectés par un sonar, de type FP par exemple, émettent une onde à spectre de raies. Avec ce type de sonar il est possible de caractériser un écho reçu en fonction de sa position et de sa fréquence doppler, c'est à dire c'est à dire de la distance et de la vitesse de l'objet ayant renvoyé l'écho. Pour obtenir une représentation visuelle qui mette simultanément en évidence les vitesses des échos reçus, on est conduit à employer une représentation plus complexe, en trois dimensions par exemple. Cette représentation peut par exemple prendre la forme d'une vue en perspective semblable à l'illustration de la figure 2. Une telle représentation peut être assimilée à un empilement de représentations planes p_i suivant les axes gisement-distance, chaque représentation plane faisant apparaître les aires 22 et les symboles 23 correspondant aux échos reçus et aux échos détectés ayant une fréquence doppler fd donnée. Chaque plan p_i constitue ainsi une image sur laquelle sont positionnées des aires de différentes tailles et des symboles, les aires les plus intenses correspondant au signal de réverbération pour la fréquence doppler considérée.

La réverbération, dans la mesure où elle peut être considérée comme une juxtaposition de multiples cibles fixes, est affectée d'un effet doppler dû au seul mouvement du bateau porteur. Ainsi, aux symétries géométriques près, il y a correspondance d'évolution entre gisement et fréquence doppler. Cette concordance explique l'évolution des zones 22 d'un plan doppler p_i à l'autre sur la figure 2.

Le nombre de plans p_i affichables et l'écart de fréquence doppler Δfd entre chaque plan sont donnés par les caractéristiques de bande doppler analysée et de résolution doppler du sonar utilisé.

Une telle représentation, bien que répondant aux besoins, apparaît comme délicate à exploiter. En effet malgré l'effet de volume et même si l'on utilise des artifices de couleurs et de symboles cet empilement de plan est très difficile à analyser simultanément. C'est pourquoi le mode d'exploitation utilisé couramment consiste en une visualisation plan par plan, un seul plan

p_i étant visualisé à la fois. Ce mode d'exploitation est illustré par les figures 3 et 4.

La figure 3 présente de manière schématique l'image correspondant à la représentation en perspective du plan p_1 présentée sur la figure 2. Elle correspond pour la fréquence f_{d1} à l'image sonar que fournit un système sonar à émission à spectre de raies. Sur cette image sont représentés les symboles 23 correspondant aux échos détectés dont la fréquence doppler est située dans la zone de résolution doppler centrée sur la fréquence F_{d1} . De même, le signal correspondant à la réverbération est représenté par la zone 22, qui ne s'étend que sur une partie de l'axe gisement.

La figure 4 présente quant à elle l'image correspondant à la représentation en perspective du plan p_2 présentée sur la figure 2. On y retrouve comme sur la figure 3 des symboles 23 et deux zones 22 correspondant à la réverbération panoramique.

Dans les systèmes sonars actuels, l'opérateur exploite les échos reçus aux travers d'images telles que celles illustrées par les figures 3 et 4. L'opérateur peut sélectionner une image donnée en affichant par exemple la valeur de la fréquence doppler f_{d1} choisie.

Les figures 3 et 4 mettent en évidence les difficultés liées à l'utilisation d'un tel mode de visualisation.

La première difficulté porte sur la représentation du signal provenant de la réverbération panoramique. En effet comme on peut notamment le constater sur la figure 2, les échos de réverbération sont répartis sur différents plans p_i . Suivant le plan que l'on analyse, la position et la taille des aires 22 qui représentent principalement les échos de réverbération, varient sensiblement de sorte qu'il n'est pas toujours possible d'associer le contour global d'un ensemble de tache à celui d'un élément de réverbération.

Ainsi sur la figure 2, le signal de réverbération se présente dans le plan p_1 correspondant à la fréquence F_{d1} , comme une aire centrée autour de l'axe correspondant à un gisement de 0° . En revanche, dans le plan p_2 correspondant à la fréquence F_{d2} il se présente sous la forme de deux aires

latérales situées de part et d'autre de cet axe. Plus généralement, la répartition sur l'axe gisement des aires qui constituent la réverbération dans les différents plans p_i , correspond à la trace pointillée 24.

- La restitution de l'aspect général de la réverbération ne peut être réalisée
5 qu'en effectuant la réunion des aires correspondantes à la réverbération panoramique, qui apparaissent dans les différents plans p_i .

La deuxième difficulté de la visualisation par plan, est une difficulté liée à
10 l'exploitation des informations par l'opérateur. En effet dans un contexte ordinaire, la représentation en trois dimensions n'est pas possible avec le matériel utilisé. L'opérateur ne peut avoir accès qu'à une image plane telle que celles des figures 3 et 4, correspondant à un plan p_i donné. Ainsi pour visualiser l'ensemble des échos présents l'opérateur est conduit à afficher
15 successivement les différentes images correspondant à l'ensemble des plans p_i . Cette opération d'affichages successifs s'avère à la fois fastidieuse, peu efficace en terme de surveillance et incompatible d'une exploitation temps réel.

Pour faciliter dans une certaine mesure la sélection de l'image visualisée,
20 l'opérateur dispose généralement de la possibilité d'afficher une image complémentaire. Cette image consiste dans la représentation dans le plan gisement-doppler, pour une distance D sélectionnable par l'opérateur, des échos détectés et des échos de réverbération. Cette représentation est illustrée par la figure 5.

25 L'illustration de la figure 5 présente une vue en coupe, dans le plan gisement-doppler, de l'illustration de la figure 2; la coupe étant réalisée selon un plan perpendiculaire aux plans p_i et passant par une droite 25, située par exemple à une distance D du sonar. L'image présente des symboles 22 correspondant à des échos détectés ayant des fréquences doppler différentes et situés à une même distance D, ainsi qu'une zone 24 correspondant en particulier à la réverbération panoramique.

Comme l'illustre la figure 5, la réverbération est matérialisée par un grand nombre d'échos dont la fréquence doppler varie en fonction du gisement
35 dans la bande doppler du sonar, formant ainsi la zone 24. Cette constatation

est par ailleurs généralisable à toute image gisement-doppler correspondant à un plan passant par une droite située à une distance D correspondant à la zone de détection du fond marin par le sonar.

- 5 L'exploitation des systèmes sonar à émission à spectre de raies couramment utilisés consiste en général à associer l'image correspondant à une représentation dans le plan gisement distance pour une fréquence doppler donnée, avec celle correspondant à une représentation dans le plan gisement doppler pour une distance donnée. L'association de deux images
10 est généralement facilitée par l'établissement de liens automatique entre les deux types d'images. Certains systèmes permettent ainsi, par exemple, de sélectionner au moyen d'un curseur, sur la représentation gisement-doppler correspondant à une distance D_1 , une fréquence doppler fd_1 donnée et de visualiser la représentation gisement-distance correspondant à la fréquence
15 fd_1 . Inversement, les mêmes systèmes permettent de sélectionner une distance D_2 sur la représentation gisement-distance et de visualiser la représentation gisement-doppler correspondante. Néanmoins ce type de manipulation d'images reste fastidieux et trop lent pour une véritable exploitation temps réel.

20

Pour permettre une exploitation rapide et efficace des échos reçus et bénéficier en même temps d'une bonne restitution de la réverbération panoramique, le procédé selon l'invention propose une exploitation différente des informations obtenues notamment par le traitement doppler.

- 25 Le procédé selon l'invention consiste à réaliser une image synthétique dans un plan gisement-distance, représentant sous forme de symboles tous les échos détectés. La forme ou la nature des symboles utilisés par le procédé pour représenter un écho, est différente selon que l'écho est fixe ou mobile. Sur cette image synthétique figurent également des aires élaborées de
30 manière artificielle, destinées à reconstituer fidèlement la réverbération panoramique de façon à ce que l'opérateur ait un aperçu de la réverbération lui permettant d'analyser facilement les échos affichés.

L'illustration de la figure 6 illustre le principe sur lequel se fonde le
35 procédé selon l'invention. Elle présente, pour une distance donnée

quelconque, une partition d'un plan de représentation gisement-doppler des échos reçus tel que celui présenté sur la figure 5. Cette partition est réalisée en associant la fréquence doppler des échos, avec la vitesse et la position des objets ayant renvoyé ces échos.

- 5 Quand on parle de vitesse des échos on fait de manière générale référence à la fréquence doppler qui affecte la fréquence du signal réfléchi par un objet situé dans le secteur insonifié par le sonar. Cette fréquence doppler est fonction de la vitesse radiale relative de l'objet par rapport au navire porteur du sonar. Elle est également fonction du gisement dans lequel se trouve 10 l'objet, le gisement représentant l'écart angulaire entre la droite reliant le sonar à l'objet et le cap suivi par le navire porteur.

Des calculs menés par ailleurs montrent que quel que soit l'objet, la fréquence doppler fd de l'écho est comprise entre les valeurs $fd_{min} = f_0(1-2v/c)$ 15 et $fd_{max} = f_0(1+2v/c)$, où v représente la vitesse du navire porteur suivant son cap, c la vitesse de propagation de l'onde acoustique dans le milieu et où f_0 symbolise la fréquence d'émission du sonar.

D'autre part on montre également que la fréquence doppler fd décroît de 20 fd_{max} à fd_{min} , de façon sensiblement linéaire, à mesure que la valeur du cosinus du gisement augmente en valeur absolue.

En conséquence, comme l'illustre la figure 6, il est possible dans une 25 représentation des échos dans un plan gisement-doppler de distinguer trois zones. La première zone 61, baptisée "zone C", correspond à la partie du domaine doppler pour laquelle aucune fréquence doppler ne peut correspondre à un écho fixe. Cette zone est située de part et d'autre du domaine compris entre fd_{max} et fd_{min} et s'étend sur l'axe gisement de -180° à $+180^\circ$.

Inversement, la zone 62 baptisée "zone A", correspond à la partie du 30 domaine doppler dans laquelle se répartissent, en fonction du gisement, les fréquences doppler correspondant à des échos fixes. Cette zone se présente comme une bande étroite à l'allure d'un chevron s'étendant sur un gisement allant de -180° à $+180^\circ$ et dont l'amplitude varie de fd_{max} à fd_{min} . La largeur de la bande A est notamment fonction de la résolution en fréquence du 35 sonar.

Le reste du domaine compris entre fd_{max} et fd_{min} et ne correspondant pas à la zone A constitue la zone 63 baptisée "zone B".

La figure 6 permet de comprendre l'intérêt du découpage en zones A, B et C
5 au travers de l'exemple particulier d'un sonar dont l'une des voies de réception d'ouverture angulaire Δg , est orientée dans le gisement g. Cette voie de réception est symbolisée par le diagramme 64.

Pour cette voie de réception particulière, un écho fixe sera affecté d'une fréquence doppler Fd_g contenue dans la partie 65 de la zone A de largeur Δg
10 autour de g. En revanche pour une autre voie de réception orientée dans un gisement g' , un écho fixe sera affecté d'une fréquence doppler $Fd_{g'}$ contenue dans une autre partie de la zone A de largeur Δg autour de g' . Ainsi, l'écho d'un objet fixe présentant une certaine étendue en gisement, comme c'est le cas d'un relief du fond sous-marin par exemple, sera détecté au travers de
15 plusieurs voies de réception et sera affecté d'une fréquence doppler différente pour chaque voie.

De la sorte lorsqu'un tel écho est représenté comme sur les figures 3 et 4, dans un plan gisement-distance p_i , pour une fréquence doppler donnée, il fait l'objet d'une représentation partielle qui peut gêner son identification correcte
20 par un opérateur. De même l'écho étendu provenant de la réverbération du fond marin fait l'objet d'une représentation partielle dans chacun des plans gisement-distance p_i .

Le principe d'identification des échos reçus par leur appartenance à une des
25 zones A, B et C, est mis à profit par le procédé selon l'invention de deux façons.

Tout d'abord les échos détectés sont classés en échos fixes ou mobiles suivant que leur fréquence doppler appartient à la zone A ou à l'une des zones B ou C. Les échos détectés ainsi classés peuvent être représentés
30 dans un plan gisement-distance par des symboles distincts.

D'autre part, le signal de réverbération du fond marin, par nature étendu, correspond à une multitude d'échos dont les fréquences doppler appartiennent à la Zone A. On peut donc réaliser une représentation de la réverbération dans un plan gisement-distance en affichant pour chaque

intervalle de gisement Δg l'image du signal dont la fréquence doppler est contenue dans la zone A.

La figure 7 présente sous forme d'organigramme la succession
5 des étapes principales que comporte le procédé selon l'invention.
L'organigramme proposé est donné à titre d'exemple, le procédé pouvant
être mis en œuvre suivant de légères variantes ou encore enrichi d'étapes
complémentaires.

Le procédé selon l'invention comporte ainsi une première étape 71 de
10 traitement doppler et de détection qui permet notamment de distinguer les
échos dont le niveau dépasse un seuil de détection donné et de classer les
échos détectés en échos fixes et échos mobiles.

Le procédé comporte ensuite une deuxième étape 72 de réalisation d'une
image sonar synthétique positionnant les échos détectés dans un plan
15 gisement-distance. Chaque écho est figuré par un symbole, ce symbole
employé étant différent selon que l'écho est fixe ou mobile. La taille du
symbole est par ailleurs fonction du niveau de l'écho reçu.

Le procédé comporte enfin une troisième étape 73, consistant à restituer sur
l'image synthétique une représentation reconstituée de la réverbération, et
20 en particulier de la réverbération du fond marin. Cette reconstitution est
réalisée en affichant sur l'image l'ensemble des échos dont la fréquence
doppler se situe pour chaque voie de réception au milieu de la partie 65
correspondante de la zone A.

25 La figure 8 donne une représentation schématique de l'image
obtenue. Cette image est à comparer avec les images connues de l'art
antérieur, aussi bien celle de la figure 1 qui présente une image sonar
obtenue avec un système sonar à émission large spectre, que celle des
figure 3 et 4 qui présente les images partielles obtenues pour des fréquences
30 doppler particulières, avec un système sonar à émission à spectre de raies.
Sur l'image représentée à la figure 8 on peut distinguer des symboles 81 et
82 qui représentent respectivement des échos détectés mobiles et fixes.
Cette distinction entre échos fixes et mobiles est réalisée par l'affichage de
symboles différents. Elle est rendue avantageusement possible grâce à
35 l'utilisation du traitement doppler par le procédé selon l'invention.

L'image de la figure 8 comporte également des aires 83 correspondant à des zones de réverbération dont l'association visuelle donne une représentation d'éléments étendus, comme par exemple des éléments de relief constituant

- 5 la réverbération panoramique du fond marin. Ces taches sont reconstituées comme indiqué précédemment à partir des échos de la zone A. Cette image restitue ainsi avantageusement une représentation des éléments constituant la réverbération. Elle permet à l'opérateur d'analyser les échos détectés, comme cela est possible sur une image d'un système sonar à spectre large
- 10 tel que celle représentée schématiquement sur la figure 1, en ayant connaissance d'une éventuelle présence d'éléments de relief à proximité.

Dans la mesure où les signaux de la zone A y sont représentés, l'image de la figure 8 présente une image de la réverbération du fond marin dont le niveau décroît de manière plus ou moins régulière en fonction de la distance. Cette
15 image est représentée de manière approximative sous la forme des zones 84 à 87.

Le procédé selon l'invention permet donc de combiner les avantages de lisibilité présentés par les images sonar obtenues à partir de sonar à émission à large spectre aux avantages liés au à l'exploitation de l'effet doppler par les sonars à émission à spectre de raies. On obtient ainsi sur une seule image représentée dans le plan gisement-doppler une représentation différentiée des échos fixes et mobiles détectés, sur laquelle figure également une présentation reconstituée de la réverbération de fond,
25 de surface ou de volume.

REVENDICATIONS

1. Procédé de visualisation des échos reçus par un sonar actif utilisant une émission à spectre de raies, cette visualisation étant réalisée sur un écran panoramique, caractérisé en ce qu'il comporte au moins:

- 5 - une étape (71) de traitement doppler du signal reçu, cette étape permettant de classer les échos reçus en fonction de leur fréquence doppler,
 - une étape (72) de création d'une image synthétique représentant dans un plan gisement-distance l'ensemble des échos détectés sous forme de symboles,
10 - une étape (73) de restitution sur l'image de la réverbération panoramique reconstituée.

2. procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la reconstitution de la réverbération panoramique est réalisée en affichant pour
15 chaque point de l'image, repéré par sa distance et son gisement, l'écho dont la fréquence doppler se situe au centre d'une zone A (62), correspondant aux fréquences dopplers relatives aux échos fixes.

20

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédantes, caractérisé en qu'il produit une image comportant à la fois la réverbération panoramique reconstituée et les échos mobiles détectés, ces échos étant représentés par des aires dont la couleur et la taille varient en
25 fonction du niveau et de la durée de l'écho reçu.

4. Procédé selon la revendication 4, caractérisée en ce que sur l'image produite les échos détectés sont mis en évidence au moyen de symboles, ces symboles permettant de distinguer les échos mobiles (81) des
30 échos fixes (82).

1/8

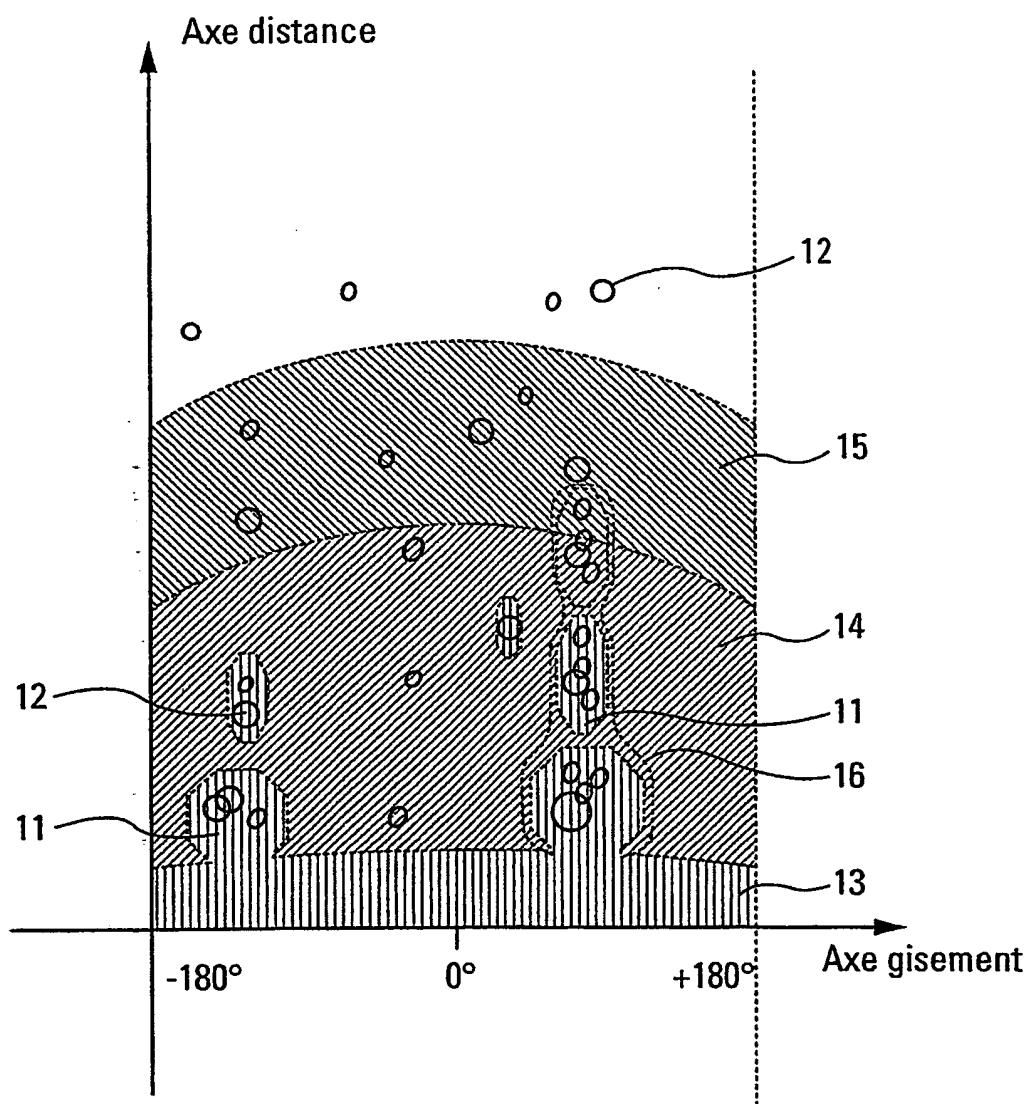


Fig. 1

2/8

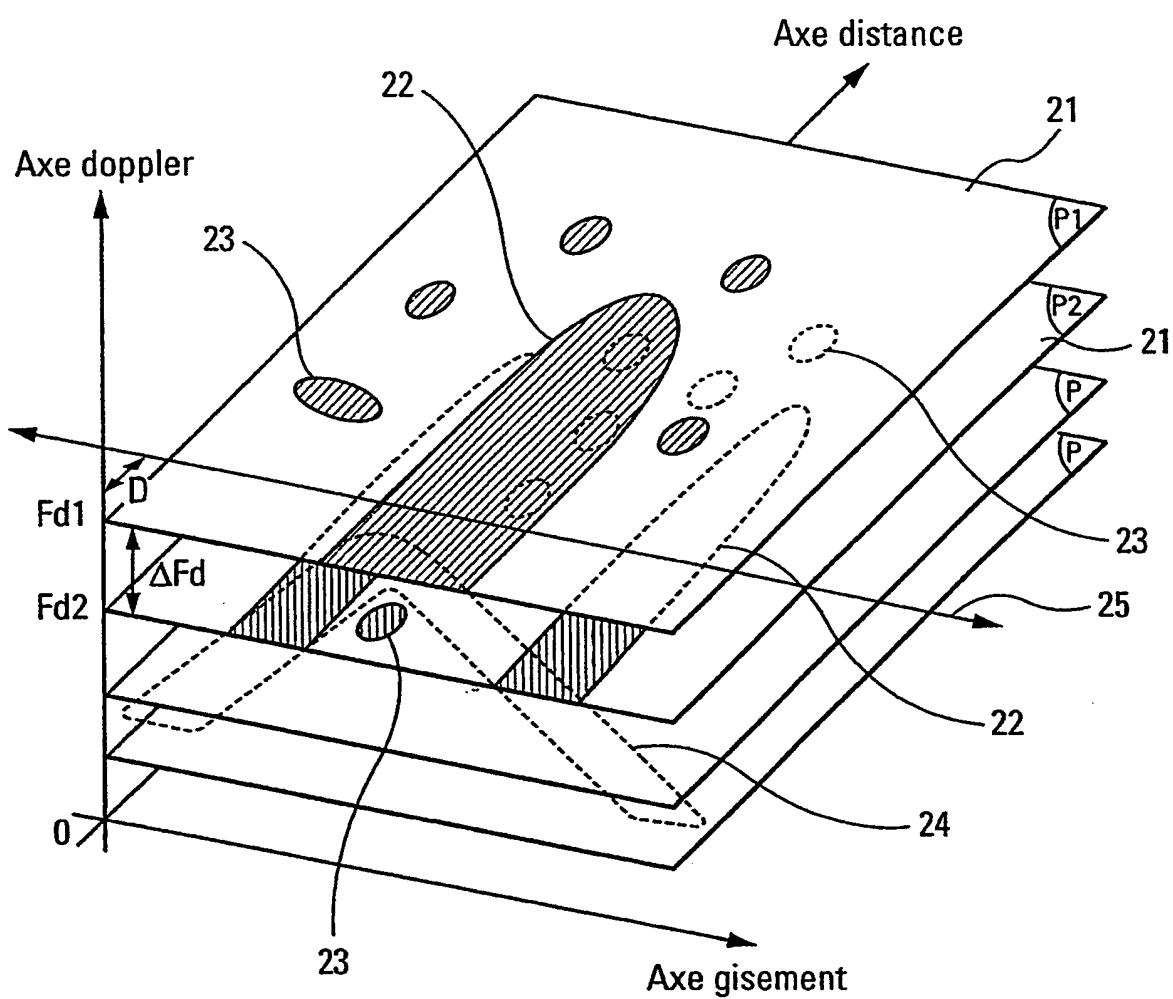


Fig. 2

3/8

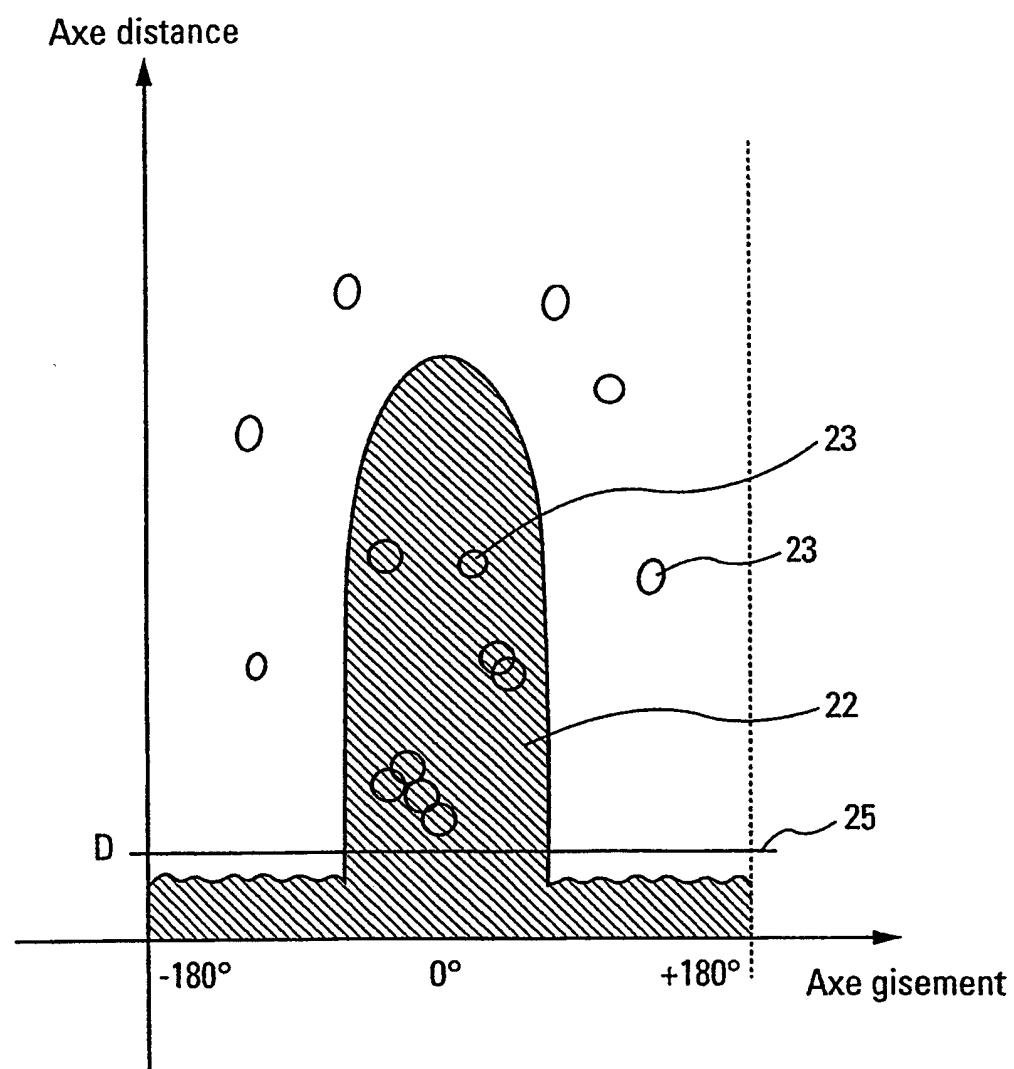


Fig. 3

4/8

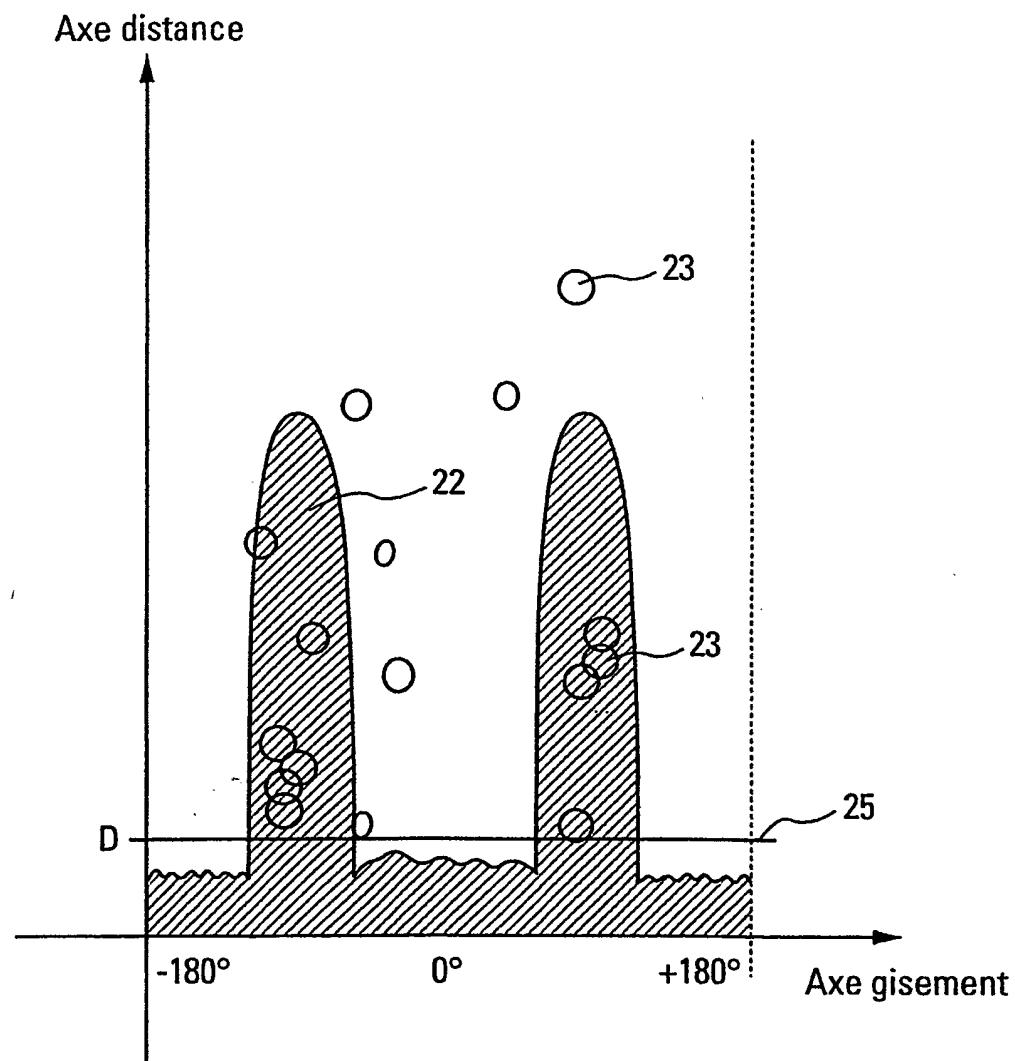


Fig. 4

5/8

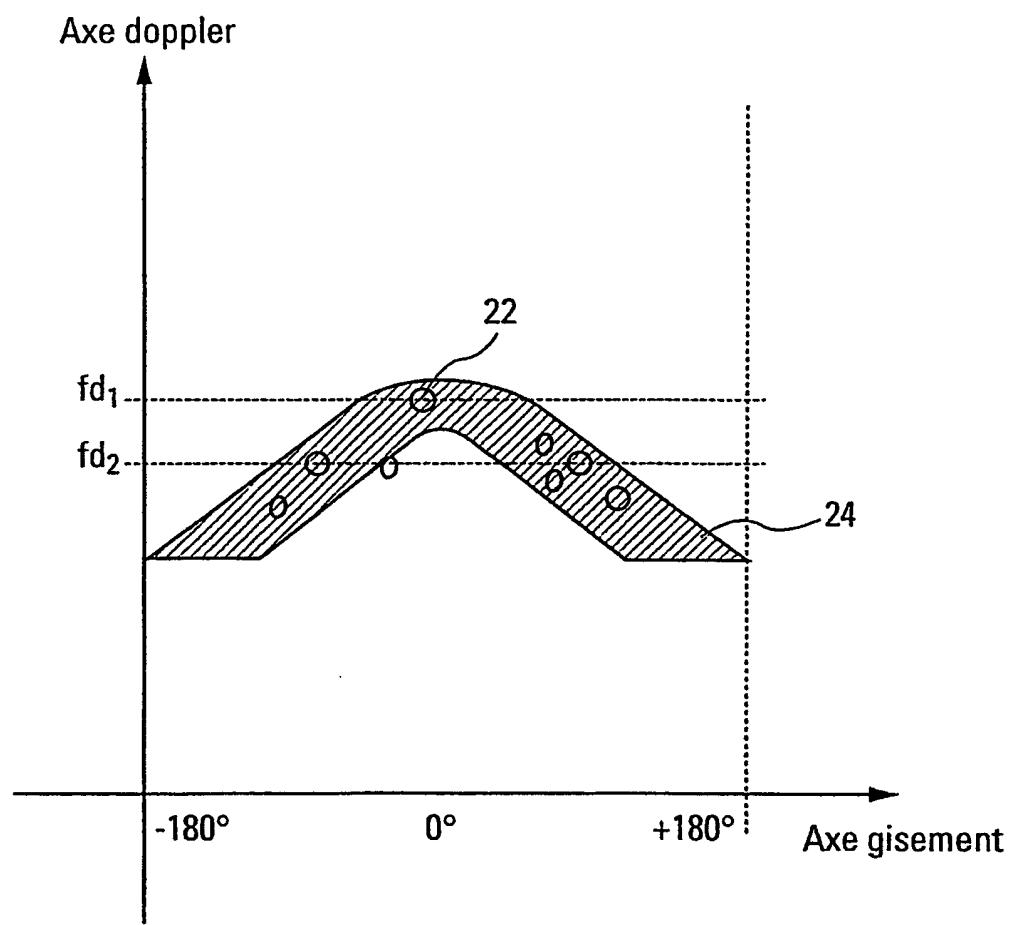


Fig. 5

6/8

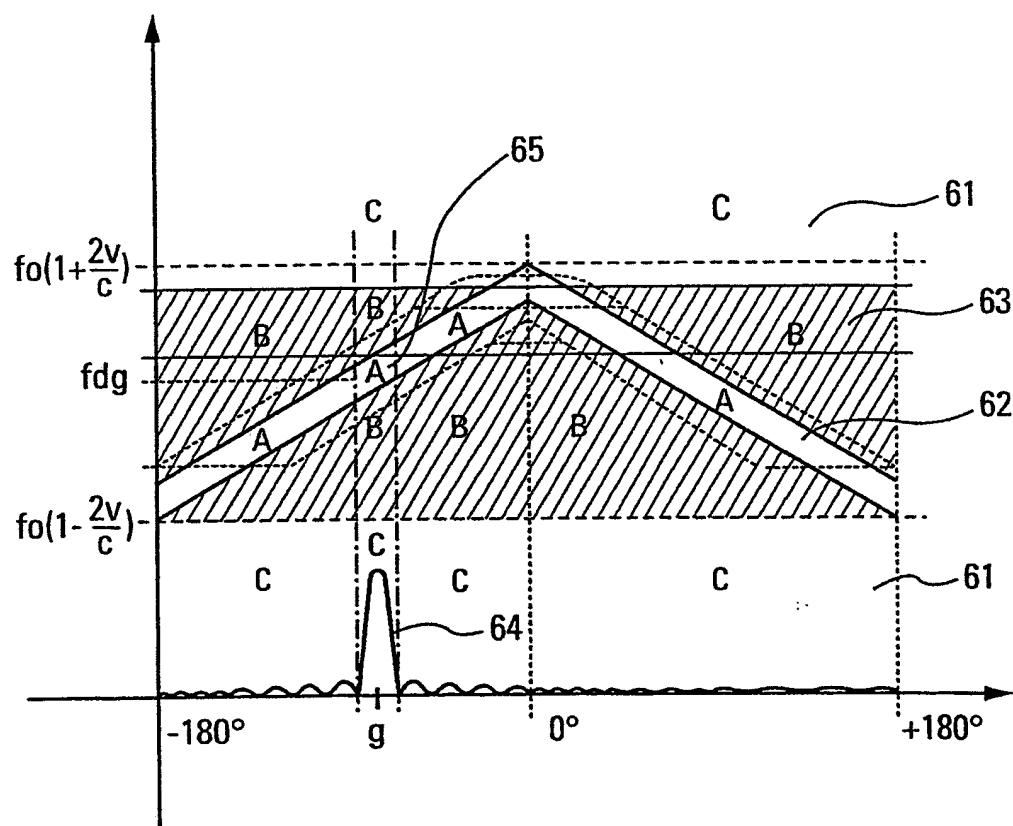


Fig. 6

7/8

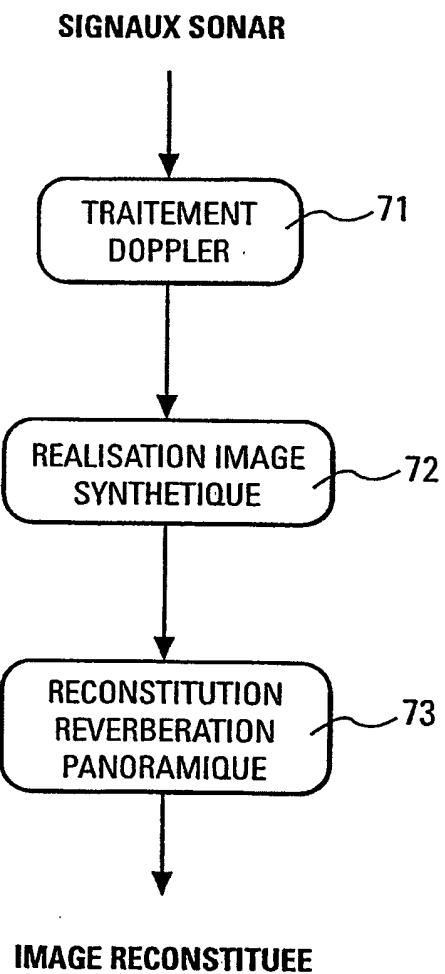


Fig. 7

8/8

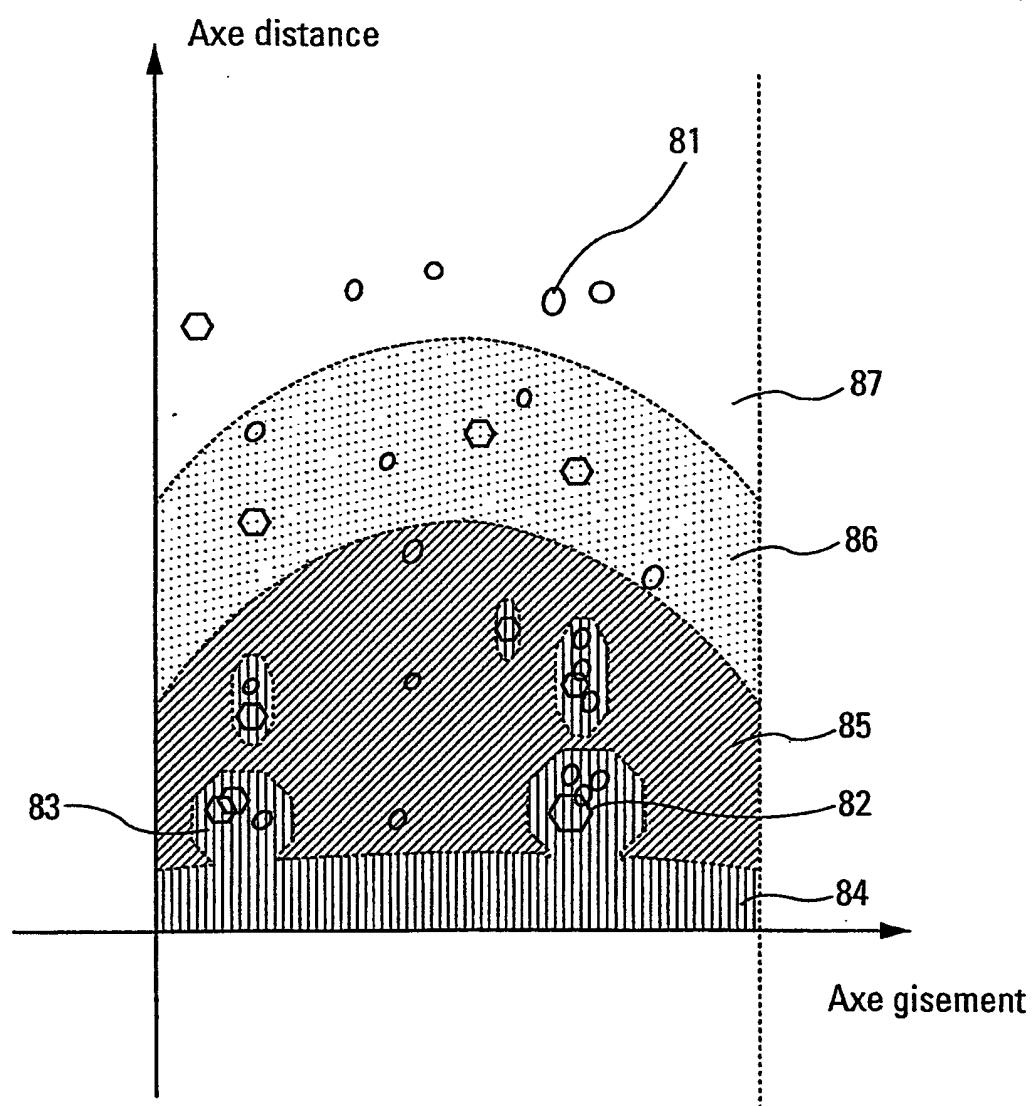


Fig. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/EP2004/053281

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G01S15/52

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 455 806 A (HUTSON ET AL) 3 October 1995 (1995-10-03) abstract; figures 1,2,20,21,27-29 column 14, line 38 - column 17, line 35	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 22, 9 March 2001 (2001-03-09) -& JP 2001 133540 A (NEC CORP), 18 May 2001 (2001-05-18) abstract; figure 2	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 0154, no. 06 (P-1263), 16 October 1991 (1991-10-16) -& JP 03 163385 A (NEC CORP), 15 July 1991 (1991-07-15) abstract; figure 2	1
-/-		

 Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

Z document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

13 April 2005

02/05/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel: (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Mercier, F

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/EP2004/053281

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 481 504 A (ROSENBACH KARLHANS ET AL) 2 January 1996 (1996-01-02) column 11, line 53 – column 12, line 50; figure 5 _____	1
A	US 6 501 705 B1 (HONG SUNG ET AL) 31 December 2002 (2002-12-31) column 8, line 34 – line 48; figure 5 _____	1
A,P	FR 2 853 417 A (THALES) 8 October 2004 (2004-10-08) cited in the application the whole document _____	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/EP2004/053281

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date	
US 5455806	A	03-10-1995		US 5379268 A US 5245587 A US 5175710 A US 5662109 A US 5559940 A US 5761685 A AT 180896 T AU 685048 B2 AU 3787493 A AU 668383 B2 AU 3787693 A CA 2149670 A1 CA 2149671 A1 DE 69325179 D1 DE 69325179 T2 EP 0669821 A1 EP 0670049 A1 IL 105237 A IL 117300 A IL 117301 A JP 8505293 T JP 8506656 T US 5490516 A WO 9410905 A1 WO 9411756 A1 US 5474078 A US 5348020 A AT 167967 T AU 650826 B2 AU 9137191 A CA 2098284 A1 DE 69129699 D1 DE 69129699 T2 EP 0562004 A1 IL 100320 A JP 2813064 B2 JP 6503888 T KR 9703700 B1 WO 9210880 A1		03-01-1995 14-09-1993 29-12-1992 02-09-1997 24-09-1996 02-06-1998 15-06-1999 15-01-1998 08-06-1994 02-05-1996 08-06-1994 26-05-1994 26-05-1994 08-07-1999 03-02-2000 06-09-1995 06-09-1995 10-01-1997 05-12-1996 05-12-1996 11-06-1996 16-07-1996 13-02-1996 26-05-1994 26-05-1994 12-12-1995 20-09-1994 15-07-1998 30-06-1994 08-07-1992 15-06-1992 06-08-1998 08-04-1999 29-09-1993 19-01-1996 22-10-1998 28-04-1994 21-03-1997 25-06-1992	
JP 2001133540	A	18-05-2001	JP	3384371 B2		10-03-2003	
JP 03163385	A	15-07-1991		NONE			
US 5481504	A	02-01-1996	DE DE EP	4317038 A1 59308894 D1 0625715 A1		24-11-1994 24-09-1998 23-11-1994	
US 6501705	B1	31-12-2002	AU WO	1549302 A 0198796 A2		02-01-2002 27-12-2001	
FR 2853417	A	08-10-2004	FR WO	2853417 A1 2004088355 A1		08-10-2004 14-10-2004	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

PCT/EP2004/053281

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 GO1S15/52

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
CIB 7 GO1S

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EP0-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 5 455 806 A (HUTSON ET AL) 3 octobre 1995 (1995-10-03) abrégé; figures 1,2,20,21,27-29 colonne 14, ligne 38 - colonne 17, ligne 35	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 22, 9 mars 2001 (2001-03-09) -& JP 2001 133540 A (NEC CORP), 18 mai 2001 (2001-05-18) abrégé; figure 2	1

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou clé pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

13 avril 2005

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

02/05/2005

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Mercier, F

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

PCT/EP2004/053281

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 0154, no. 06 (P-1263), 16 octobre 1991 (1991-10-16) -& JP 03 163385 A (NEC CORP), 15 juillet 1991 (1991-07-15) abrégé; figure 2 _____	1
A	US 5 481 504 A (ROSENBACH KARLHANS ET AL) 2 janvier 1996 (1996-01-02) colonne 11, ligne 53 - colonne 12, ligne 50; figure 5 _____	1
A	US 6 501 705 B1 (HONG SUNG ET AL) 31 décembre 2002 (2002-12-31) colonne 8, ligne 34 - ligne 48; figure 5 _____	1
A,P	FR 2 853 417 A (THALES) 8 octobre 2004 (2004-10-08) cité dans la demande le document en entier _____	1

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

PCT/EP2004/053281

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5455806	A	03-10-1995	US	5379268 A	03-01-1995
			US	5245587 A	14-09-1993
			US	5175710 A	29-12-1992
			US	5662109 A	02-09-1997
			US	5559940 A	24-09-1996
			US	5761685 A	02-06-1998
			AT	180896 T	15-06-1999
			AU	685048 B2	15-01-1998
			AU	3787493 A	08-06-1994
			AU	668383 B2	02-05-1996
			AU	3787693 A	08-06-1994
			CA	2149670 A1	26-05-1994
			CA	2149671 A1	26-05-1994
			DE	69325179 D1	08-07-1999
			DE	69325179 T2	03-02-2000
			EP	0669821 A1	06-09-1995
			EP	0670049 A1	06-09-1995
			IL	105237 A	10-01-1997
			IL	117300 A	05-12-1996
			IL	117301 A	05-12-1996
			JP	8505293 T	11-06-1996
			JP	8506656 T	16-07-1996
			US	5490516 A	13-02-1996
			WO	9410905 A1	26-05-1994
			WO	9411756 A1	26-05-1994
			US	5474078 A	12-12-1995
			US	5348020 A	20-09-1994
			AT	167967 T	15-07-1998
			AU	650826 B2	30-06-1994
			AU	9137191 A	08-07-1992
			CA	2098284 A1	15-06-1992
			DE	69129699 D1	06-08-1998
			DE	69129699 T2	08-04-1999
			EP	0562004 A1	29-09-1993
			IL	100320 A	19-01-1996
			JP	2813064 B2	22-10-1998
			JP	6503888 T	28-04-1994
			KR	9703700 B1	21-03-1997
			WO	9210880 A1	25-06-1992
JP 2001133540	A	18-05-2001	JP	3384371 B2	10-03-2003
JP 03163385	A	15-07-1991		AUCUN	
US 5481504	A	02-01-1996	DE	4317038 A1	24-11-1994
			DE	59308894 D1	24-09-1998
			EP	0625715 A1	23-11-1994
US 6501705	B1	31-12-2002	AU	1549302 A	02-01-2002
			WO	0198796 A2	27-12-2001
FR 2853417	A	08-10-2004	FR	2853417 A1	08-10-2004
			WO	2004088355 A1	14-10-2004